

Fernando Sáez Vacas  
Ingeniero de Telecomunicación

<fsaez@dit.upm.es>

*“La cualidad esencial de la gran revolución tecnológica es la creación del nuevo hábitat de existencia humana”*

Rosalind Williams

Con este artículo invitado vuelvo a **Novática**, después de 15 años, con el mensaje básico de que ahora, menos que nunca, podemos separar la infotecnología de la sociedad, idea que sin duda está en la mente de todos los infoprofesionales, pero a menudo sin un grado de convicción y concreción suficiente. En esta ocasión comparezco con el propósito de glosar brevemente una herramienta conceptual diseñada para ayudar a comprender globalmente la arquitectura de la infotecnología y algunas de las claves que determinan su impacto en el entorno social.

En mis 36 años de vida docente, como profesor de varios millares de telecos y de algunos informáticos, he observado que, en sus siete primeros años de experiencia, una gran mayoría de ellos ha tenido como horizonte mental dominante en su trabajo la tecnología en sí misma, un porcentaje mucho menor “ve” o ha visto la tecnología mayormente como un medio al servicio de una finalidad práctica, por ejemplo una aplicación empresarial, y son muy pocos los que han dirigido preferentemente su mirada finalista a un destino social no tan inmediato, más general y abstracto.

En cierta forma, su actuación constituye un reflejo de la formación recibida. Con el paso del tiempo, su evolución personal habrá transformado esas actitudes, en beneficio de criterios más aplicativos, pero creo que con frecuencia vividos en lo íntimo como una derrota personal ante una realidad insoslayable. En los últimos años, sin embargo, la realidad se ha transformado de tal manera, que es obligado revisar algunos de los supuestos en que se ha basado esa formación.

**El entorno social, como una inmensa pastilla de silicio**  
Precisamente, cuando alguien se dedica a la formación tiene que evaluar continuamente si su cometido cumple la función educativa que corresponde a la realidad de cada momento. Mi responsabilidad profesional me ha impelido a reflexionar sobre la formación de los ingenieros de telecomunicación y de los informáticos. En primera línea, he participado en la elaboración de cuatro planes de estudio y he escrito unos cuantos artículos sobre la materia, uno de ellos en **Novática**, en 1984. Mi último artículo en estas áreas, titulado “Futuros ingenieros híbridos”, <<http://turing.gsi.dit.upm.es/~fsaez/OtrosArticulos/futurosingenieros.html>>, se ha publicado en la revista **BIT**, 144, abril-mayo de 2004, del Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación, en el que además de decir un “no” rotundo a una futura titulación de ingenieros de cuatro años, me pronuncio por formar tres tipos de infoingenieros (o infotécnicos superiores, si se quiere generalizar), siendo el tercero el que llamo híbrido, a falta de un nombre más apropiado.

Escribo allí que en un mundo tan extremadamente interrelacionado, tecnificado y acelerado, en todas sus facetas económicas, políticas, sociales y vitales, el enjambre creciente de problemas sociotécnicos, donde a las dimensiones técnicas propias de una realidad penetrada por la infotecnología se suman de forma determinante las múltiples y más

## Más allá de Internet: la Red Universal Digital

**Nota del Editor:** inauguramos con esta contribución de **Fernando Sáez Vacas** una nueva sección de nuestra revista llamada “contribución invitada”, en la que cederemos nuestras páginas a personas con una demostrada capacidad de reflexionar, pero también y sobre todo, de incitar a la reflexión sobre las TIC y sus repercusiones, desde perspectivas diversas y novedosas.

complejas de factores humanos y sociales, exige una nueva clase de técnicos. El mundo cambia, los técnicos tienen que cambiar; a ellos más que a nadie tiene que afectarles la innovación tecnológica.

Por los días en que redacto este artículo, voy leyendo a ratos el libro de Rosalind Williams “Cultura y cambio tecnológico: el MIT”, de Alianza Editorial, 2004, que en su segundo capítulo, titulado “La desintegración expansiva de la ingeniería” —¿a qué suena fuerte?—, nos habla de la crisis de identidad de la ingeniería, producida por los profundos y acelerados cambios sociales y tecnocientíficos. En mi enfoque particular visualizo estos cambios con tres imágenes personales, distanciadas por un lapso de 20 años. La primera corresponde a mi retorno en el verano de 1964 de una beca de dos meses en un centro francés de investigación avanzada, atesorando en mi equipaje unos cuantos transistores de tres patitas, con los que presumí mucho entre mis compañeros de estudios de cuarto de ingeniería, que no habían visto ninguno en su vida. En 1984, utilicé mi primer ordenador personal, cuando ya el microprocesador y los circuitos integrados con millones de transistores (sólo visibles al microscopio electrónico) en una pastilla de silicio eran un hecho cotidiano. Esa es mi segunda imagen, y la tercera, pongamos que en 2004, más difusa en sus proporciones, pero intelectualmente nítida, observar cómo la infotecnología, soportada por decenas de miles de millones de circuitos integrados, compuestos a su vez por miríadas de aquellos transistores que yo exhibía orgulloso en 1964, está integrada en el entorno social. Integrada, empotrada, embebida, como quiera decirse, de una forma que podemos imaginar similar, en un plano conceptual, a como los transistores están integrados en una pastilla de silicio. Por eso, es más apropiado llamarlo entorno tecnosocial, y no es un juego caprichoso de palabras.

Las dos primeras imágenes —todos lo sabemos— simbolizan sendas etapas expansivas de gran tecnología electrónica, informática y de comunicaciones. Para nosotros, docentes e investigadores, han significado enormes retos hacia la reingeniería educativa, el diseño de nuevos planes de estudio y la actualización técnica, a los que en conjunto hemos sabido responder tanto personalmente como institucionalmente.

Pero la tercera imagen simboliza otra etapa de horizontes radicalmente diferentes e inéditos, donde se unen en una misma actuación la complejidad y la imbricación de dimensiones tecnocientíficas y sociales. El “nuevo hábitat de existencia humana”, que yo he llamado

Nuevo Entorno Tecnosocial (NET), propiciado por la tecnología, demanda nuevos principios explicativos, nuevas ideas y nuevas estrategias que lo hagan seguro, justo y vivible. Por ese motivo, no me cabe duda de que un segmento cuantitativamente razonable de nuestros futuros titulados debería recibir una formación y una mentalización hacia responsabilidades más sistémicas, socioeconómicas y políticas, capaces de aportar una visión integrada de las técnicas en el armazón social. En mi artículo citado arriba he escrito que *“la realidad expansiva, la vitalidad, empuje y convergencia de las tecnologías, adueñándose de un amplio territorio aplicativo único, cada vez con menos fronteras interiores, han desbaratado las categorías parcelarias que manejamos, relativas a sectores de actividad, titulaciones académicas, perfiles profesionales y áreas de conocimiento”*.

La propuesta de un nuevo tipo de técnico con las responsabilidades y capacidades dichas no deja de ser una opinión particular, que puede, no resultar interesante para mis colegas ni merecedora de debate, y cuya materialización práctica afrontaría en cualquier caso una colosal resistencia por parte de las parcelas mentales, institucionales y reglamentarias establecidas.

Pero por mi edad, a un quinquenio de la jubilación y sin nada que ganar con ello, me permitiré, y espero que el lector me lo acepte generosamente, desgranar aquí algunas ideas para un posible debate sobre la forma general de la infotecnología y sobre su impacto en el entorno tecnosocial, elaboradas durante muchos años y resumidas en mi reciente libro, publicado por Editorial Centro de Estudios Ramón Areces y titulado como este artículo (véase <<http://www.reduniversaldigital.com>>). La base teórica del libro es una concepción explicativa integral de la infraestructura tecnológica que estamos creando y de las fuerzas de transformación social que genera.

### Sociedad de la información e infomasa

Actualmente, no me gusta mucho el término “sociedad de la información”, acuñado a finales de los años 60, pero ahora muy desgastado de tanto repetirlo los medios de comunicación y un tanto degenerado desde que, con la globalización, ha pasado en la Unión Europea a ser un mero capítulo de la economía política.

Su característica más evidente es la infomasa producida, bien registrada, bien en circulación, que, reducida a sus términos binarios, se mide ya en exabytes. Un exabyte son mil millones de gigas o un millón de teras, un 1 seguido de 18 ceros. La *School of Information Management and Systems* (SIMS), de la Universidad de Berkeley, estima que la nueva infomasa registrada en el mundo durante 2002 en los cuatro tipos de soportes físicos, papel, filme, óptico y magnético, ascendió a 5 exabytes, con un crecimiento del 30% desde 1999, cantidad equivalente a la información contenida en medio millón de bibliotecas idénticas a la del Congreso estadounidense. En el mismo período, los flujos de nueva información, circulantes por las redes de teléfono, radio, TV e Internet, ascendieron a 18 exabytes, de los que un 98% correspondieron a llamadas telefónicas, tanto de voz como de datos, en líneas fijas o líneas de móviles, mayoritariamente entre persona y persona (véase: <<http://www.sims.berkeley.edu/research/projects/how-much-info-2003/excesum.htm>>).

Confieso que, como usuario acérrimo de Internet, cuando rememoro ese porcentaje del 98%, se sigue produciendo en mí una sensación de sorpresa y acudo siempre a la fuente para comprobar una vez más que

no he trastocado los números. Dado que no tengo medios para aportar cifras más solventes, debo crearme las estimaciones del SIMS, tal como figuran en su informe, que arrojan una diferencia abismal, en unidades brutas de bytes, entre el flujo telefónico y el flujo internético, el segundo producido en la proporción de un 3% del primero. El flujo por Internet alcanzó los 533.000 terabytes, de los que aproximadamente 400.000 terabytes constituyeron el volumen total de los mensajes electrónicos, en número de unos 31.000 millones de mensajes diarios (originales, no copias), emitidos en esa época por unos 600 millones de internautas (en África sólo unos 6 millones).

La evolución del teléfono es una de las historias más apasionantes de la tecnología. De toda la tecnología, no sólo de la infotecnología. Cuando lo inventó en 1876, Graham Bell trataba de inventar un sistema de audición para sordos. En 2004, 128 años después, se ha convertido en un ligero aparato de alrededor de 100 grs. de peso, sin cables, con pantalla, que funciona por radio, que alberga circuitos electrónicos muy integrados, multimedia, informático y conectable a varios tipos de redes, p. ej. Internet, multifuncional (radio, juegos, calculadora, agenda, reproductor de música, correo electrónico, etc., y también ¡teléfono!). La gente se pasa más tiempo mirándolos y pulgarizando mensajes que con ellos en la oreja, como fue en sus orígenes.

Durante 2003 se vendieron en el mundo 85 millones de teléfonos con cámara fotográfica digital (camaráfonos, o fonocámaras) y en éste (2004) se estima que se venderán unos 160 millones de unidades. Hay ahora una publicidad de una empresa operadora telefónica en TV que dice algo así como: *“La comunicación móvil está cambiando tu mundo: Hablar, ver, sentir, ...”*. El 21 de septiembre de 2004, la misma operadora anunciaba a toda página en un periódico diario de ámbito nacional un terminal, para *“ver tus e-mails y los archivos adjuntos desde donde tú quieras” ... “tendrás en tu mano todos los servicios de un móvil y una PDA en un solo dispositivo. Convertirás cualquier lugar en tu propia oficina”*. Al día siguiente mostré en mi clase ese terminal, que pasó de mano en mano, a ver qué creían los estudiantes que era ese aparatito. Dijeron que un ordenador, una calculadora, una agenda, una PDA, pero a nadie se le ocurrió que fuera un teléfono.

La transformación exponencial y diversificada de estos tipos de terminales móviles en menos de 10 años, junto a la tremenda implantación del teléfono, los convierte en un instrumento clave de la infraestructura tecnológica para la sociedad de la información, que yo, tras años de darle vueltas en la cabeza, he acabado visualizando como una Red Universal Digital.

Tan espectacular y reciente transformación se debe a una productividad tecnocientífica sin precedentes, azuzada por una inmensa maquinaria económica, que ha acortado drásticamente el ciclo de otras tecnologías más modernas, como la del ordenador, por ejemplo. Así, toda la historia del ordenador se encierra en un corto lapso de sólo algo más de 50 años, vividos a lo largo de la última décima parte de la existencia del libro impreso, y la Web de Internet ocupa poco más de sus dos centésimas partes; el ordenador personal apenas ha cumplido los 30.

No me parece necesario, ni cuento con el espacio para hacerlo, describir detalles del fértil maridaje y de las sinergias de la telefonía con la informática, primero en lo que se llamó teleproceso, después teleinformática, o resaltar el papel de las redes telefónicas como

redes de comunicación de Internet, extendida ahora a una Internet con terminales móviles (Movinet) o a la banda ancha con la tecnología ADSL. No puede dejar de mencionarse, sin embargo, el impacto técnico de la telefonía Internet o tecnología VOIP (*Voice Over Internet Protocol*), que convierte las palabras en tiras de bits, las encapsula en paquetes debidamente etiquetados y las trata como cualquier otro paquete de Internet hasta su destino, para recomponerlos allí, y transformarlos en sonido. ¿Es ésta la tecnología telefónica del futuro?

Un artículo en *The Economist*, en 2001, decía lo siguiente: “*Se va a tener que construir desde cero una red de conmutación de paquetes, totalmente nueva y mucho mayor, que combine la escalabilidad de Internet con la calidad y el alcance global del sistema telefónico*”.

### La pirámide de plataformas digitales

Hasta ahora, los únicos elementos de la infraestructura infotecnológica que he mencionado, aparte de los básicos microcircuitos electrónicos, han sido los teléfonos móviles, el ordenador y el ordenador personal, la Web y sus correspondientes redes. Es sabido por todos, sin embargo, que el arsenal de medios disponibles es amplísimo, pero lo más fructífero sería tener un mapa conceptual de cómo se estructuran. Y en mi opinión, la mejor manera de empezar a apreciar su estructuración es resaltar su papel como elementos de variadas arquitecturas de redes.

En 1997, un grupo de los mejores informáticos e ingenieros del mundo se reunió en San José (California) para celebrar el cincuentenario de la fundación de la ACM (*Association for Computing Machinery*) y dibujar las tendencias de los siguientes cincuenta años de informática. Por encima de todas las demás, la ponencia de Gordon Bell y James Gray sobre la arquitectura del ciberespacio captó mi atención. Fui especialmente sensible a lo que explicaban, porque 10 años antes, en 1987, había publicado yo un libro sobre computadores personales, editado por Fundesco, que llevaba el subtítulo “Hacia un mundo de máquinas informáticas”.

En ese libro desarrollé ampliamente el concepto de conectabilidad (exo- y endoconectabilidad) de los ordenadores personales, a los que preveía ya como nodos de futuras y densas redes informáticas y de comunicación. Ahora, vea a Bell y a Gray dibujar el esquema del ciberespacio venidero más o menos como un inmenso tejidos de redes—redes de larga distancia (WAN), redes locales (LAN), redes de sistemas (SAN), redes domésticas (HAN) y redes corporales (BAN, o PAN)—, en el que ‘flotarían’, conectadas, toda suerte de plataformas informáticas. O digitales, extendiendo el concepto, para abarcar a plataformas que, si no son digitales en su origen, tienden a serlo, en parte o en su totalidad, incorporando elementos computacionales.

La arquitectura básica se repite como si fuera una figura fractal. Distintas plataformas (ordenador, microprocesador, PDA, televisor, teléfono, reproductor de música, consola de juegos, sensor, etc.) se conectan o pueden conectarse a una red y esa red a otra u otras. Las plataformas funcionan con algún tipo de sistema operativo y ejecutan programas/aplicaciones, con contenidos que llamamos juegos, imágenes, textos, cálculos, simulaciones, videos, mediciones, etc. Las plataformas se comunican con los humanos usuarios mediante interfaces diversas y con el mundo físico mediante sensores, aunque también hay redes de sensores (*sensor networks*).

Si nos fijamos sólo en las plataformas digitales y las evaluamos demográficamente como si fueran individuos de una población, observamos que forman una pirámide. En su cumbre vemos ordenadores grandes y supergrandes (de gran potencia, queremos decir), destinados a voluminosas computaciones científicas (genoma, cálculos medioambientales, física de partículas, etc.), que cuestan millones de dólares (o euros) y su pequeña densidad demográfica se cuenta por centenares o millares de unidades en el universo informático. Descendiendo hasta la base, nos vamos encontrando con millones de pecés, teléfonos y terminales derivados, que cuestan centenares o decenas de dólares, seguidos de dispositivos tales como infoimplementos, computadores ubicuos, microprocesadores diversos, memorias, tarjetas ‘inteligentes’, chips RFID (radio), etc., en gamas de precio de las decenas, unidades y céntimos de dólar, destinados ya o en un futuro muy inmediato a dotar a la infraestructura infotecnológica de la máxima capilaridad social, incluso adentrándose (empotrándose) en las estructuras físicas del entorno, en la indumentaria personal o en el interior de los cuerpos, por cientos de miles de millones de unidades en unos pocos años.

### Otra metáfora en ayuda de la RUD: El Global Ubiquitous Computer (GUC), de Hoare

Efectivamente, a mediados de esta década estamos entrando en una nueva etapa de la informática—informática ubicua o infotecnología pervasiva—, en la que la infotecnología desaparece materialmente de la vista, para convertirse en parte integrante de la infraestructura material, por lo que ya se habla de inteligencia ambiental, de entornos inteligentes, de informática sentiente y aparecen las interfaces perceptivas, sensibles a la atención, a los deseos o a las emociones de los usuarios. En esta inédita situación, una persona, al ser compartida por muchos computadores, necesitará ser ayudada por éstos.

Ahora bien, para poder hablar de infotecnología pervasiva, es preciso que las redes lleguen o tiendan a llegar a todas partes, que su cobertura se extienda por todo el espacio sin solución de continuidad hasta conectarse con los mismos objetos físicos, con la materia, porque las cosas mismas ya están o pueden estar infiltradas de instrumentos empotrados y esto es algo que ya ha empezado a suceder, aunque aún embrionariamente, gracias a las tecnologías inalámbricas y móviles de corta o muy corta distancia, por ejemplo, Wi-Fi, Bluetooth, y demás.

En febrero de 1998, para denominar esta intuita expansión de la infotecnología, utilicé el concepto de Máquina Digital Total, que, más adelante, en 1999, convencido de que su rasgo más importante era su forma de arquitectura reticular, cambié por Red Universal Digital (RUD). Desarrollar ampliamente este concepto de infraestructura tecnológica y sus consecuencias sociales ha sido un proceso que, como profesor, ingeniero e informático de profesión, ¿tal vez ya como un ingeniero híbrido?, he vivido durante 2001, 2002 y 2003 con inquietud y zozobra en mi faceta de divulgador, por temor a verme tachado de fabulador literario, de creador de conceptos gaseosos o algo parecido. ¿Por qué? Porque atreverse a decir que hay una ‘cosa’ importantísima, llamada Red Universal Digital, que nadie ha visto ni oído nombrar, parece la ocurrencia de un joven atolondrado o de un viejo chiflado. No podía apartar de mi cabeza la idea de cómo justificarme.

Pero, por último, después de muchas dudas me atreví a hacerlo, animado por un fin didáctico. En la página 293 de lo que escribí se dice lo siguiente: *“La Red Universal Digital no existe, y sí existe. Nadie la ha diseñado ni construido. Se está construyendo a trozos heterogéneos, por medio de innumerables aportaciones. Pero, a pesar de incompatibilidades y problemas con lenguajes, sistemas, protocolos, estándares, códigos, señales, circuitos y un largo etcétera, que nos amargan un tanto el día a día, la convergencia avanza por ahora sin parar, de tal forma que en el transcurso de pocos años todos hemos podido experimentar la sensación real de progresar en términos de intercomunicación global, como si nuestros terminales estuvieran conectados a redes universales transparentes. Internet es el paradigma que proyecta en las gentes tal sensación.*

*Porque no existe, decimos que la RUD es una metáfora, la expresión de una entidad hipercompleja en trance de formación, pero de la que no podemos trazar un croquis o un diagrama, ya que no es un sistema concreto, sino el resultado convergente de una miríada de sistemas y artefactos complejos que sí existen, separadamente. Algunos de ellos los conocemos y los usamos habitualmente”.* Es un enorme tejido de redes de tecnología digital, casi imperceptible para nuestros sentidos, oculto en señales de radio y en invisibles circuitos, del que sobre todo se nos escapa su emergencia como un todo o sistema.

Hace muy poco y por pura casualidad, navegando por Internet, descubrí unas manifestaciones de Tony Hoare, fechadas el 8 de junio de 2004, que confieso que por su autoridad me hacen sentirme más protegido, porque tienen el mismo aire metafórico que mi concepto de RUD. No creo que nadie se lance a calificar a Hoare, el gran científico de la informática, pionero de la programación, premio Turing en 1980, armado caballero en Inglaterra en marzo de 2002, de viejo chiflado. Ha propuesto que para mejor comprender un mundo masivamente lleno de computadores, como el que se estima que habrá hacia 2020, no deberíamos verlo como algo que contiene muchos computadores discretos, sino como un Computador Ubicuo Global (GUC, por sus siglas en inglés).

### **Un Nuevo Entorno Tecnosocial**

Distintos periodistas me han preguntado *“¿Cree Ud. que hay algo más allá de Internet?”* o *“¿El siguiente paso a Internet es la Red Universal Digital?”*. Resumiendo mis respuestas, les he dicho que más allá de Internet está la propia nueva Internet, con tecnología más potente, pero que Internet es una parte, aunque una parte esencial, de la Red Universal Digital, que es un conjunto heterogéneo compuesto por múltiples y diferentes redes, entre otras, redes informáticas de área local, redes telefónicas fijas, redes de telefonía celular, red Wi-Fi, redes de satélites GPS, redes de energía eléctrica con tecnología PLC (banda ancha de información por el enchufe de la electricidad), redes corporales (*Body Area Networks*), redes de sistema (un automóvil), redes de circuitos cerrados de TV, etc., cada día más digitales (incluyendo radio y televisión) e interoperables.

Lo más importante, sin embargo, es recordar que la vida de la especie humana puede conceptuarse como un proceso de coevolución con diversos entornos y el entorno actual se va construyendo como una matriz generadora de nuevas formas sociales, como, según el filósofo J. Echeverría en el libro *“Los Señores del aire: Telépolis y el Tercer Entorno”*, Destino, 1999, son el teletrabajo, el teledinero, el teledelito, la teleducación, la teleguerra, el teleperiódico, y una larga lista. Uno de los periodistas me preguntaba si no corremos el riesgo de alejarnos poco a poco de la realidad para vivir en un supuesto entorno virtual. Mi respuesta: conviene no contraponer realidad y virtualidad, como si fueran dos conceptos antagónicos. Si virtualidad significa que perdemos contacto físico con las personas, con las cosas, con la Naturaleza, a través de los sentidos, ciertamente cada vez somos más virtuales, pero la comunicación a través de un móvil, el trabajo o la compra por Internet tienen efectos reales. Lo que ocurre es que la realidad es cada vez más virtual.

Precisamente, la virtualidad es una de las veinte propiedades del Nuevo Entorno Tecnosocial (NET), que he definido y explicado en mi libro como las claves de las transformaciones, que, en coevolución con la RUD, está experimentando la sociedad. Para orientación preliminar al lector interesado en profundizar, las relaciono a continuación, agrupándolas dentro de cada categoría de transformación.

Transformaciones espacio-temporales: instantaneidad, distalidad, ubicuidad, movilidad y reticularidad. Transformaciones en el propio cuerpo, en las relaciones sensoriales, en las fronteras de acción personal y en la misma identidad: representabilidad, protesicidad, multisensorialidad, interactividad y virtualidad. Transformaciones hacia un lenguaje unificado de los modos de captación y manejo de la información: digitalidad, potencialidad, omniprocesalidad y análogo-digitalidad. Transformaciones en las jerarquías de relación intelectual con el entorno tecnológico y con los objetos: neuralidad e intelectividad. Barreras en las relaciones usuarias: intangibilidad, hermeticidad, discontinuidad y feudalidad.

Quiero resaltar, para terminar, la curiosa hermandad, oculta a primera vista, entre la denominación de los conceptos de Red Universal Digital y las propiedades “metafísicas” del entorno generado, que, en sus siglas NET, significa Red en inglés. El concepto de red está siendo propugnado por algunos pensadores y científicos como el nuevo paradigma conceptual general. Pienso que todo mi libro está impregnado de ese paradigma. Con frecuencia se dice, por ejemplo, que la nueva economía consiste en una metarred global de complejas interacciones tecnológicas y humanas. Y para F. Capra, en su último libro, titulado *“Las conexiones ocultas”*, Anagrama, 2003, la red es también un patrón común a todo lo vivo: *“los organismos pueden comprenderse en términos de redes de células, órganos y sistemas de órganos y las células, como redes de moléculas”*.